

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
DEPARTAMENTO DE RECURSOS HIDRICOS**

TRABAJO DE DIPLOMA

**PROYECTO DE DESARROLLO DE RIEGO EN EL
VALLE DE SAN JUAN DE LIMAY**

AUTOR : BR. JUAN LEONARDO CHOW ZUNIGA

ASESOR : ING. VICTOR CALDERON

ABRIL, 1997

INDICE DE CONTENIDO

Capítulo	Página
I. INTRODUCCION	1
A. OBJETIVO GENERAL.....	2
B. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	2
II. REVISION DE LITERATURA.....	3
A. JUSTIFICACIÓN	3
I. GEOLOGÍA	5
1. FORMACIONES LITOLÓGICAS.....	5
2. ESTRATIGRAFIA.....	6
I. CLIMA.....	7
A. Precipitación.....	7
A. Evapotranspiración potencial.....	7
3. Temperatura.....	8
D. HIDROLOGÍA	9
E. AGUAS SUBTERRÁNEAS	11
F. PERSPECTIVA TECNOLÓGICAS PARA EL APROVECHAMIENTO DEL AGUA CON FINES AGRÍCOLAS.....	12
G. SUELOS	13
III. MATERIALES Y METODOS.....	14
A. UBICACIÓN DEL VALLE DE LIMAY	14
B. DELIMITACIÓN DE VALLE DE SAN JUAN DE LIMAY.....	14
C. CARACTERIZACIÓN DEL ACUÍFERO Y LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN POZOS EXCAVADOS	14
D. APTITUD DE LOS SUELOS PARA LA IRRIGACIÓN	16
E. CALIDAD DEL AGUA	17
F. DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE ALGUNOS CULTIVOS	17
G. SELECCIÓN DE MÉTODOS DE RIEGO Y EQUIPOS.....	20
H. FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE LA PRODUCCIÓN BAJO RIEGO.....	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	21
A. ZONAS CON POTENCIAL PARA RIEGO	21
B. DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE LOS SUELOS.....	23
C. INFILTRACIÓN DE LOS SUELOS.....	25
1. Calidad de las aguas para riego	32
D. AGUAS SUPERFICIALES.....	33
E. AGUAS SUBTERRÁNEAS	34
1. El acuífero de San Juan de Limay.....	34
2. Las pruebas de bombeo en las zonas con potencial para riego	36
F. EXPLOTACIÓN DE INFRAESTRUCTURAS HIDRÁULICAS EXISTENTES PARA FINES DE REGADÍOS	38
1. Los Pozos	38
2. Micropresas y derivaciones.....	39
G. REQUERIMIENTOS HÍDRICOS DE ALGUNOS CULTIVOS.....	39
1. Balance hídricos	40
2. Cultivos recomendados según sus requerimientos hídricos.....	44
H. POTENCIAL DE RIEGO EN EL VALLE DE SAN JUAN DE LIMAY CONSIDERANDO LA EXPLOTACIÓN DE LOS POZOS EXCAVADOS.....	45
I. PROPUESTA DE INVERSIONES PARA UN PROGRAMA DE RIEGO.....	49
a) Mejoramiento de los pozos excavados.....	49
b) Equipos de bombeo.....	50
J. VIABILIDAD FINANCIERA DE LA IRRIGACIÓN.....	52
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54

INDICE DE CUADROS

Cuadros	Páginas
CUADRO No 1 DATOS DE PRECIPITACION Y EVAPOTRANS-PIRACION EN EL VALLE DE SAN JUAN DE LIMAY.....	8
CUADRO No 2 TEMPERATURA PARA EL VALLE DE SAN JUAN DE LIMAY.....	8
CUADRO No 3 APORTACIONES ANUALES ESTIMADAS PARA LA CUENCA DE SAN JUAN DE LIMAY.....	10
CUADRO No 4 CRECIDAS MAXIMAS EN M ³ /SEG.....	10
CUADRO No 5 ESTUDIO DE RIEGO Y DRENAJE FAO No. 24 COEFICIENTES DE CULTIVO Kc CORRESPON-DIENTESA CULTIVOS EXTENSIVOS.....	19
CUADRO No 6 ESTUDIO DE RIEGO Y DRENAJE FAO No. 33 COEFICIENTES DE CULTIVO Kc CORRESPON-DIENTES A CULTIVOS EXTENSIVOS.....	19
CUADRO No 7 ESTUDIO DE RIEGO Y DRENAJE FAO No. 24 VALORES DE Kc EN EL CASO DE LA UVA (RIEGO INFRECIENTE, SUELO SECO).....	19
CUADRO No 8 LOCALIDADES DONDE PUEDE IMPLEMENTARSE UN PROGRAMA DE RIEGO A CORTO PLAZO.....	21
CUADRO No 9 RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE DENSIDAD APARENTE.....	25
CUADRO No 10 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE INFILTRACION.....	26
CUADRO No 11 RESULTADOS DEL ANALISIS DE REGRESION.....	26
CUADRO No 12 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE INFILTRACION FINCA CHEMINO.....	28
CUADRO No 13 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE INFILTRACION FINCA JULIO PARRALES.....	29
CUADRO No 14 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE INFILTRACION FINCA COOPERATIVA MARIO RODRIGUEZ.....	30
CUADRO No 15 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE INFILTRACION FINCA DONAL SEBASTIAN.....	31
CUADRO No 16 RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUA.....	33
CUADRO No 17 PROFUNDIDAD Y NIVELES ESTATICOS DE POZOS EN LA ZONA E ESTUDIO VALLE DE SAN JUAN DE LIMAY.....	36
CUADRO No 18 INDICADORES DE POZOS ESTUDIADOS.....	36
CUADRO No 19 SIEMBRA DE PRIMERA FECHA DE SIEMBRA : 15 DE MAYO.....	40
CUADRO No 20 SIEMBRA DE POSTRERA FECHA DE SIEMBRA : 15 DE AGOSTO.....	41
CUADRO No 21 SIEMBRA DE RIEGO (VERANO) FECHA DE SIEMBRA : 15 DE NOVIEMBRE.....	42
CUADRO No 22 SIEMBRA ANUAL FECHA DE SIEMBRA : 15 DE MARZO.....	43
CUADRO No 23 RENDIMIENTO DE LOS POZOS EXCAVADOS SEGUN LA PRUEBA DE BOMBEO.....	46
CUADRO No 24 AREAS QUE PUEDEN REGARSE POR POZO Y CULTIVO EN EL CICLO DE VERANO.....	47
CUADRO No 25 AREAS QUE PUEDEN REGARSE POR POZO Y CULTIVOS EN EL CICLO DE PRIMERA (CANICULA).....	47
CUADRO No 26 AREAS QUE PUEDEN REGARSE POR POZO Y CULTIVOS PARA COMPLETAR EL CICLO DE POSTRERA.....	48
CUADRO No 27 MATERIALES REQUERIDOS Y PRESUPUESTO NECESARIO PARA EL MEJORAMIENTO DE POZOS EXCAVADOS.....	50
CUADRO No 28 SUMINISTRO MAXIMO DE AGUA EN VERANO.....	50
CUADRO No 29 SUMINISTRO MAXIMO DE AGUA EN LA CANICULA.....	51
CUADRO No 30 BOMBAS PROPUESTAS PARA EL PROGRAMA DE RIEGO DE PEQUEÑOS PRODUCTORES.....	51
CUADRO No 31 AREA BAJO RIEGO A SEMBRARSE POR PRODUCTOR.....	52
CUADRO No 32 FLUJO DE CAJA EN CORDOBAS DE UN PRODUCTOR.....	53

INDICE GRAFICOS

Gráficos

Páginas

GRÁFICO No 1	PRECIPITACION, EVAPOTRANSPIRACION Y BALANCE CLIMATICO.....	8
GRÁFICO No 2	TEMPERATURAS PROMEDIOS MENSUALES EN EL VALLE DE SAN JUAN DE LIMAY.....	9
GRÁFICO No 3	INFILTRACION PARCELA CHEMINO.....	28
GRÁFICO No 4	INFILTRACION PARCELA DE JULIO PARRALES.....	29
GRÁFICO No 5	INFILTRACION PARCELA DE COOPERATIVA MARIO RODRIGUEZ.....	30
GRÁFICO No 6	INFILTRACION PARCELA DE DONAL SEBASTIAN.....	31

INDICE DE MAPAS

MAPAS

Páginas

MAPA No 1	UBICACION DE AREAS DE ESTUDIO Y POZOS EXCAVADOS.....	22
MAPA No 2	UBICACION DE LOS TIPOS DE SUELOS ENCON-TRADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO...	24

SUMMARY

The purpose of the studies is to determine the potencial for irrigating dug well of the producers of the valley of San Juan de Limay and besides to propose productive alternatives based on the irrigating cultivations known by the producers and so take advantage of their technic skills. For that the perimeter of the valley was determinated and those areas with topographics characteristics adecuated for the irrigation.

We made a mortologic analisis of the soils, tests of infiltration , we also determine the statics levels and dynamics of the dug wells. Finally a financial analisis was done of the production of wheat, tabaco and watermelon under irrigations.

According to the results we conclude that the soils are suitable for irrigations for their chemical and phisic characteristics, but the infiltration of some soils are limited (14.38 to 59.9 mm/hour).

The superficial hydrics resources are dificult to take aduantage because of the unfavorable characterristics of the hollow.

Forthe construction of the hydraulic work as microdam. The acuiferous could be explotated with dugwell and the output of these is suficient in relation of the cultivated surface.

A program of irrigation directed to small producers is available from the technical and financial point of view (TIR 70.56 %).

RESUMEN

El propósito del estudio es determinar el potencial para riego de los pozos excavados de los productores del valle de San Juan de Limay y además proponer alternativas productivas basado en el riego de cultivos conocidos por los productores y así aprovechar sus capacidades técnicas. Para ello se delimitó el valle y aquellas áreas con características topográficas adecuadas para riego. Se realizó análisis morfológico de los suelos, pruebas de infiltración, se determinaron también los niveles estáticos y dinámicos de pozos excavados. Finalmente se hizo un análisis financiero de la producción de sorgo, tabaco y sandía bajo riego.

Según los resultados se concluye que los suelos son aptos para riego por sus características físicas y químicas, pero la infiltración de algunos suelos es limitante (14.38 a 59.9 mm/hora).

Los recursos hídricos superficiales son difíciles de aprovechar debido a las características desfavorables de las cuencas para la construcción de obras hidráulicas como micropresas. El acuífero puede ser explotado con pozos excavados y el rendimiento de estos es suficiente en relación a las superficies cultivadas. Un programa de riego dirigido a pequeños productores es factible desde el punto de vista técnico y financiero (TIR 70.56 %).

I. INTRODUCCION

En el año 1981, se realizaron los primeros estudios de base en el Valle de San Juan de Limay, dichos estudios tenían como finalidad conocer el potencial de los suelos, de los recursos hídricos y describir las condiciones agronómicas y socio - económicos prevalecientes en el valle. Partiendo de los estudios mencionados se formularon estrategias que consideraron a grandes proyectos de riego como medio para alcanzar el desarrollo de la zona. Así se propuso la construcción de grandes obras hidráulicas tales como presas que en una evaluación final resultaron ser muy costosas debido a que las características hidrológicas, geotectónicas y topográficas resultaban desfavorables para este tipo de obras. No obstante continuó la idea de construir grandes obras derivadoras en el lecho de quebradas y conducir el agua a través de canales revestidos hasta las áreas de labranza. Todas las iniciativas no consideraban las capacidades económicas y tecnológicas de los productores del valle y a pesar de los esfuerzos realizados no se logró materializar con éxito ningún proyecto de riego.

El presente estudio parte del análisis de las experiencias y estudios anteriores, de donde resulta evidente la necesidad de incorporar la

tecnología de riego en la agricultura para lograr un desarrollo agrícola en el valle. Pero, en este caso partiendo de la infraestructura con que cuentan los productores, el nivel de tecnología de los rubros que ellos producen y la incorporación a la producción de cultivos que en el pasado se producían bajo riego con el sorgo, tabaco, algunas hortalizas y las prácticas de riegos complementarios en los ciclos de primera y postrera para asegurar la cosecha de los cultivos tradicionales específicamente el sorgo.

A. OBJETIVO GENERAL

Potenciar el desarrollo del riego en valle de San Juan de Limay partiendo de los recursos infraestructurales, financieros y humanos existentes en la zona.

B. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el potencial de los pozos excavados para su explotación en programas de riego a pequeña escala.
- Proponer alternativas productivas rentables basadas en cultivos bajo riego, cuyas tecnologías de manejo sean conocidas por los productores.

II. REVISION DE LITERATURA

A. Justificación

En el valle de San Juan de Limay el agua es el factor más limitante para la producción agropecuaria (Agriswiss,1985). La fecha de siembra de primera se fija con la primera lluvia útil. Entre los dos ciclos agrícolas los campesinos disponen de pocos días de lluvia y en octubre generalmente concluye la época húmeda. Dado las condiciones antes descritas las cosechas de los cultivos de secano son pocas y muchas veces se pierden en su totalidad.

No obstante, en la cuenca existen recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos, que no son utilizados con fines de regadío por falta infraestructuras hidráulicas de envergadura que permitan aprovechar dichos recursos. Según algunos autores que hicieron estudios en la zona, sin tal infraestructura será imposible desarrollar la agricultura del valle, ya que ésta depende de la precipitación irregular de la época lluviosa (Dimberger, 1991).

No obstante los pozos excavados a mano existentes son infraestructuras baratas, de tecnología constructiva simple y conocida, que pueden utilizarse para una mínima explotación del acuífero con programas de riego.

A pesar de las limitaciones hídricas, el potencial de los suelos para riego es alto, de los 48 Km² de la planicie 10.4 Km² son clasificados como áreas de primera clase para riego, según un estudio realizado por el Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente (IRENA, 1981).

Respecto a la situación socio - económica, el 97% de PEA se dedica a actividades agropecuarias ya sea cultivando su propia tierra o vendiendo su fuerza de trabajo. Los pequeños productores no cuentan con recursos financieros importantes como para hacer inversiones que vallan a mejorar sus tecnologías productivas.

Según el Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censos (INEC), en el municipio viven unos 12,000 habitantes de los cuales 2,200 se concentran en San Juan de Limay. También dicha entidad estimó que el desempleo es de un 21% en esta población.

I. Geología

La cuenca de San Juan de Limay se encuentra ubicada dentro de la provincia geológica central de Nicaragua, llamada tierras altas del interior. Las rocas son de origen volcánico (terciario) y en ellas se encuentran litologías como basaltos, grabos, ingimbritas y dacitas pertenecientes al grupo Coyol.

1. FORMACIONES LITOLÓGICAS

Fundamentalmente se encuentran los grupos Coyol Superior e Inferior, ambos pertenecientes al período terciario.

El grupo Coyol Superior se encuentra subdividido en el Coyol Superior Basalto en la base y el Coyol Superior Ingimbrítico en el tope. Los basaltos forman coladas lávicas fluidas en su mayoría.

Las ingimbritas se encuentran concordantemente sobre los basaltos, formando lentes discontinuos, de color es gris y blanco amarillento y en algunos casos se presentan silificadas.

El grupo Coyol Inferior al cual pertenecen los afloramientos más antiguos está formado por el Coyol Inferior Andecítico y el Coyol Inferior Dacítico. Los materiales andecíticos de color café - rojizo, oscuro, densos y compactos con ciertas características ingimbríticas y presentan poca alteración.

Las rocas del Coyol Inferior dacítico se encuentran suprayacentes al nivel anterior. Los afloramientos están compuestos generalmente por lavas dacíticas con estructura porfírica, presentando fenocristales de plagioclasa y cuarzo subordinadamente.

2. ESTRATIGRAFIA

Los depósitos aluviales perteneciente al cuaternario ocupan la mayor parte de la planicie formando suelos finos (arcillas y limos) y los bancos y terrazas aluviales.

Los suelos residuales de composición inorgánica de partículas clásticas irregulares están generalmente cubriendo afloramientos rocosos donde se originaron.

Los depósitos coluviales están constituidos por fragmentos grandes de roca, encontrándose al pie de las elevaciones, laderas de montañas en el fondo de oquedades o depresiones topográficas.

I. Clima

A. Precipitación

El valle de San Juan de Limay presenta una precipitación media anual de 1,439.0 mm con un período seco de noviembre a abril y una época húmeda de mayo a octubre en la que se produce el 90% de precipitación anual. La estación de lluvias está dividida en dos períodos de mayor precipitación, el primero abarca los meses de mayo a junio y el segundo de septiembre a octubre, estos meses concentran el 72% de la precipitación anual (Dimberger, 1991)

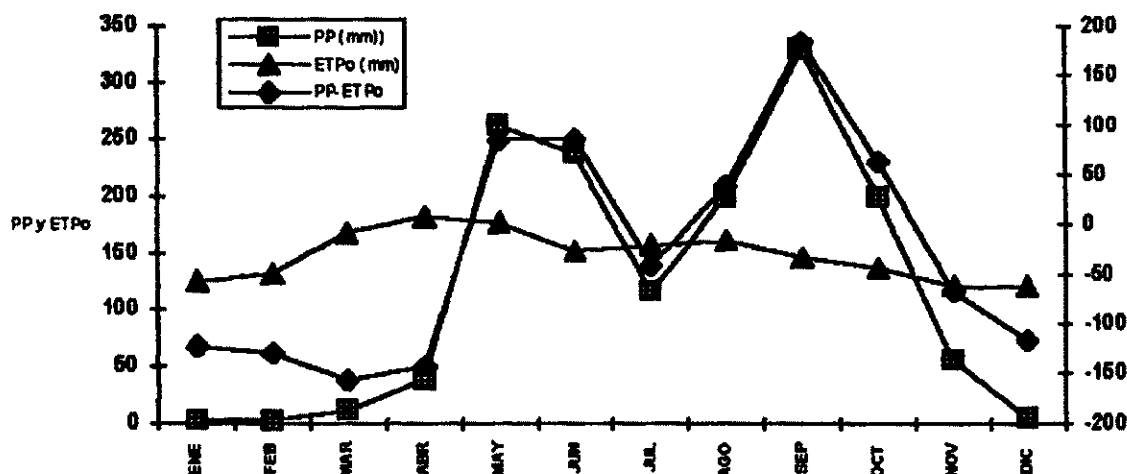
A. Evapotranspiración potencial

La ETPo estimada por Hargreaves, citada por Lainez (1987) es considerada alta en todos los meses del año y su promedio anual es de 1780 mm (cuadro No 1 y gráfico No 1).

Cuadro No 1 DATOS DE PRECIPITACION Y EVAPOTRANSPIRACION EN EL VALLE DE SAN JUAN DE LIMAY

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PP (mm)	9	2.9	11.7	39.5	262.5	298	116.7	189.5	329.0	200.1	55.7	5.1	1439
ETPo (mm)	126	132	168	182	177	182	167	181	146	137	122	121	1780
PP-ETPo	-122	-129.1	-156.3	-142.5	85.5	86	-40.3	38.5	183.3	63.1	-66.3	-115.9	

Gráfico No 1 PRECIPITACION, EVAPOTRANSPIRACION Y BALANCE CLIMATICO.



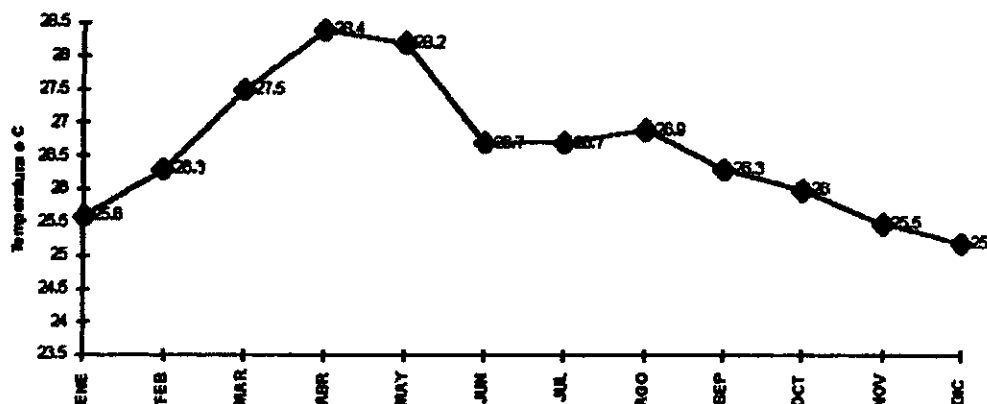
3. Temperatura

El promedio anual de temperatura de San Juan de Limay es de 26.6 °C según el estudio AGRISWISS (1985) y los datos se presentan en el cuadro No 2 y gráfico No 2.

Cuadro No 2 TEMPERATURA PARA EL VALLE DE SAN JUAN DE LIMAY

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
T °C	25.6	26.3	27.5	28.4	28.2	28.7	28.7	28.9	26.3	26.0	25.5	25.2	26.6

Gráfico No 2 TEMPERATURAS PROMEDIOS MENSUALES EN EL VALLE DE SAN JUAN DE LIMAY



D. Hidrología

La cuenca del valle de Limay tiene una extensión de 360 Km² según informe de carta oferta elaborada por Lainez (1987), y una cifra semejante (360.5 Km²) expresa el estudio de recursos hídricos de la cuenca de San Juan de Limay (Dimberger, 1991).

El valle está drenado por el río Los Quesos el cual es el drenaje de mayor importancia, hacia él confluyen la quebrada Colocondo y quebrada el Naranjo cuya unión se ubica en la parte este de la cuenca en el sitio llamado Los Encuentros. La quebrada Tranquera y La Guaruma ubicados en la parte norte de la cuenca drenan también hacia el río Los Quesos. Las cuatro quebradas mencionadas conforman las cuatro

microcuencas identificadas por Dimberger (1991), que conforman la cuenca del Valle de San Juan de Limay.

Las aportaciones medias anuales calculadas por Dimberger (1991), basado en métodos empíricos se presentan en el cuadro siguiente:

Cuadro No 3 APORTACIONES ANUALES ESTIMADAS PARA LA CUENCA DE SAN JUAN DE LIMAY

Descripción	Cuenca	Colocondo	El Naranjo	Tranquera	Guaruma
Q/10 ⁶ m ³	209.8	20.5	26.6	15.4	20.5

Referente a las crecidas máximas, el estudio de Dimberger (1991), recomienda los resultados obtenidos por método SCS que se empleó para estimar las crecidas máximas en las 4 microcuencas. Para fines de construcción de obras hidráulicas afirma que son recomendables los valores siguientes (cuadro No 4):

Cuadro No 4 CRECIDAS MAXIMAS EN m³/seg.

Retorno	Colocondo	El Naranjo	Tranquera	Guarumo
5a	47.1	79.5	54.9	99.1
10a	60.8	103.1	77.9	133.0
25a	79.9	134.8	110.5	180.9
50a	94.9	161.0	137.0	216.9
100a	110.7	189.2	164.1	254.2
Fin	231.5	225.9	269.9	385.6
Aleta	151.9	292.7	53.2	70.7

E. Aguas subterráneas

El área del acuífero estimada según Lainez (1988), es de 50 Km² y posee un espesor promedio de 20.63 m, este último valor es aproximado según Dimberger (1991), puesto que tales mediciones provienen de un zona del valle. Basado en los datos anteriores Lainez (1988), estimó el volumen del relleno saturado en 1030 MMC, del cual el volumen de agua almacenada es del orden de 187.9 MMC. El rendimiento seguro del acuífero estimado por Dimberger (1991), es de 21 MMC.

La profundidad de agua según mediciones en pozos oscila entre 0.0 y 8.08 m, con un promedio de 2.58 m (Lainez, 1988).

Las características hidráulicas obtenidas a través de pruebas de bombeo efectuadas por el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), dieron como resultado, caudales de 540 a 580 Lts/min., con descensos máximos de 36 a 39 cm. La transmisibilidad estimada según dicha fuente fue de 400 m³ /m/día.

F. *Perspectiva tecnológicas para el aprovechamiento del agua con fines agrícolas.*

Respecto a las posibilidades técnicas para el aprovechamiento de los recursos hídricos de la cuenca del valle de San Juan de Limay, el estudio que realizó Agriswiss (1985) concluyó que debe abandonarse la posibilidad de construir micropresas ya que las áreas de escurrimiento son tan grandes que la relación entre las cantidades de lluvias por coleccionar y los volúmenes a almacenar son sumamente desfavorables y por tanto una parte muy importante de los costos de construcción sería absorbida por el vertedero de aguas. Finalmente expresa el estudio, que las características hidrológicas, geotectónicas y topográficas son desfavorable para este tipo de obras.

No obstante los mismos autores expresaron que en las zonas más altas de la cuenca, donde existen fuentes de agua con flujos sostenidos todo del año hay posibilidades de construir tomas con la construcción de obras derivadoras. Las aguas así captadas pueden ser conducidas por canales hasta los terrenos aptos para riego. Destacan entonces las obras derivadoras como una alternativa valiosa a corto plazo.

El estudio que Dimberger (1991) realizó en la cuenca del Valle de San Juan de Limay describe que en general no se presentan condiciones para proyectos de pequeñas obras hidráulicas a nivel de la comunidad y de costos bajos por falta de fuentes de agua garantizadas cerca de las áreas de producción, lo que trae consigo inversiones mayores en pozos, obras de captación y conducción de aguas.

Describe dicho estudio que las inversiones necesarias para la captación y conducción de aguas superficiales resultarían elevadas debido a su considerable distancia de las áreas agrícolas en todos los casos. Por otro lado en el caso de posibles micropresas las fuertes crecidas exigirán aliviaderos considerables a costos muy altos.

G. Suelos

Los suelos del valle son aluviales y presentan textura areno-limosa en los horizontes superiores. Aproximadamente el 20% del área plana está ocupada por suelos de textura fina clasificados como vérticos y vertisoles. La planicie tiene un total de 48 Km² de superficie de las cuales 10.4 Km² son áreas con potencial de riego (IRENA, 1981).

III. MATERIALES Y METODOS

A. Ubicación del valle de Limay

El Valle de San Juan de Limay se ubica entre las coordenadas geográficas (Mapa geodésico 1:50,000 hoja 2855-II) 13° 09' 28" - 13° 13' 41" Latitud Norte y 86° 34' 26" - 86° 37' 46" Longitud Oeste, a una distancia de 30 Km de la ciudad de Estelí.

B. Delimitación de valle de San Juan de Limay

Para delimitar el acuífero del Valle de San Juan de Limay se hizo un análisis geomorfológico, basado en observaciones de campo y fotointerpretación con fotografías aéreas pancromáticas 1:20,000. La fotointerpretación además sirvió para ubicar en la zona del estudio a aquellas áreas más planas y con suelos de mayor potencial para riego.

C. Caracterización del acuífero y la disponibilidad de agua en pozos excavados

Se hicieron, medidas de niveles estáticos en pozos excavados de:

- Mateare, Gualflica, La Grecia, Las lajas

Se aferraron 3 pozos, empleando una bomba con capacidad de 3 Lts/seg. y otra con capacidad de 1.7 Lts/seg., en los cuales se mensuró el descenso de del nivel de agua de los pozos y la velocidad de recuperación del los mismos. Las pruebas de bombeo de hicieron en:

- Gualilica, La Grecia, Las lajas

Tanto las medidas de los niveles estáticos, como las pruebas de bombeo se hicieron en sitios considerados representativos de la zona agrícola del valle.

Caudal de recuperación

$$Q = KA = V/t, \text{ donde ;} \quad (1)$$

Q = caudal

$$K = \text{Espacio/tiempo, permeabilidad del pozo} \quad (2)$$

$$v = \text{Area x altura dinámica; volumen } m^3 \quad (3)$$

t = Tiempo en segundos

$$A = \text{Area del anillo; } \pi D^2 / 4 \quad (4)$$

D. Aptitud de los suelos para la irrigación

Se hicieron 4 pruebas de infiltración y los modelos matemáticos se obtuvieron con el método de mínimos cuadrados. También se tomaron muestras de suelo para la determinación de la densidad aparente. Se empleó un cilindro standard para recolectar las muestras, posteriormente se secó, esto para eliminar el peso del agua del suelo, finalmente se realizó la relación peso/volumen.

Infiltración básica modelo para el análisis de regresión;

$$y = a + bx \quad (1)$$

Dado el modelo matemático de la curva de infiltración;

$$y = a + b(1/x) \quad (2)$$

Determinación de coeficiente b;

$$b = \sigma_{xy} / \sigma_x^2 \quad (3)$$

Donde; $\sigma_{xy} = \sum xy - (\sum x \sum y) / n$

$$\sigma x^2 = \sum x^2 - (\sum x)^2 / n$$

Intercepto es; $\sigma xy / \sigma x^2 - \sum x/n + \sum y/n$ (4)

E. Calidad del agua

Se tomaron muestras de agua, para la determinación de la conductividad eléctrica, HCO_3^- , Cl, Ph_(agua), Ca, Mg, Na, Dureza.

F. Determinación de los requerimientos hídricos de algunos cultivos.

La determinación de los volúmenes potenciales de agua se hizo basado en los cultivos de la Uva, Tomates, Sorgo, Tabaco y Sandía. Dichos cultivos especialmente el Sorgo, Tabaco y Uva se conocen en la zona y se adaptan muy bien a las condiciones agroecológicas. Los coeficientes de cultivos Kc (cuadros No 5,6,7), se tomaron de manuales referenciales de FAO (Doorenbos, 1986).

Los estimados de requerimientos hídricos de los cultivos mencionados se determinó mediante un balance hídrico por cultivo que se hizo con el

software CROPWAT, en dicho procedimiento se despreció el aporte de las aguas subterráneas (Δw), la ecuación empleada fue la siguiente:

$$R = \Delta S + pp - Etc. \text{ donde;} \quad (1)$$

R = Requerimiento de riego en mm

ΔS = Humedad del suelo en mm

pp = precipitación

Etc = Evapotranspiración del cultivo en mm

$$Etc = Kc \times Eto \text{ donde;} \quad (2)$$

Kc = Coeficiente del cultivo, FAO No 24 y 33.

Eto = Evapotranspiración potencial.

**Cuadro No 5 ESTUDIO DE RIEGO Y DRENAJE FAO No. 24
COEFICIENTES DE CULTIVO Kc CORRESPONDIENTES A CULTIVOS EXTENSIVOS.**

Cultivos	Humedad Viento (m/seg)	RHmin > 70%		RH min < 20%	
		0-5	5-8	0-5	5-8
Sorgo	3	1.0	1.05	1.1	1.15
	4	0.5	0.5	0.55	0.55
Tomates	3	1.05	1.1	1.2	1.25
	4	0.6	0.6	0.65	0.65

**Cuadro No 6 ESTUDIO DE RIEGO Y DRENAJE FAO No. 33
COEFICIENTES DE CULTIVO Kc CORRESPONDIENTES A CULTIVOS EXTENSIVOS.**

PERIODO	SANDIA	TABACO
Inicial	0.40-0.50	0.30-0.40
Desarrollo	0.70-0.80	0.70-0.80
Mediados	0.85-1.50	1.00-1.20
Finales	0.80-0.90	0.90-1.00
Recolección	0.85-0.75	0.75-0.85

**Cuadro No 7 ESTUDIO DE RIEGO Y DRENAJE FAO No. 24
VALORES DE Kc EN EL CASO DE LA UVA (RIEGO
INFRECUENTE, SUELO SECO)**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Vientos débiles a moderados, secos			0.25	0.45	0.6	0.7	0.7	0.65	0.55	0.45	0.35	-
Vientos fuertes y secos			0.25	0.45	0.65	0.75	0.75	0.7	0.55	0.45	0.35	-

OBSERVACION: uvas maduras, cultivadas en zonas secas y calientes; primera hoja a finales de febrero o principios de marzo, recolección en la segunda quincena de julio; cubierta sombreada: 30-35% a mediados de periodo vegetativo; superficie cultivada limpia.

G. Selección de métodos de riego y equipos

Los métodos de riego como los equipos a ser usados se determinaron a partir de la disponibilidad de agua, requerimientos de agua de los cultivos seleccionados, resultados de las pruebas de infiltración, profundidad de suelos, densidad aparente, textura y análisis químico de agua.

H. Factibilidad económica de la producción bajo riego.

Se tomó como base la producción de sorgo, tabaco y sandía. Los costos de producción y rendimientos de los cultivos en mención se tomaron de las cartas tecnológicas elaboradas por el Banco Nacional de Desarrollo (BND). Como inversión se consideró una bomba de 4hp para riego por gravedad a un costo de 4,500 córdobas y vida útil de 4 años. El plan de acción se elaboró a un plazo de 4 años y el área total explotada bajo riego se consideró en 1.9 Mz para el primer año a 2.5 Mz para el último año. Se parte del supuesto que los pozos excavados están en condiciones de ser explotados sin mayores inversiones o las inversiones están al alcance del productor. La simulación fue realizada mediante el software DASI, desarrollado por FAO.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

A. Zonas con potencial para riego

Los resultados del estudio edafológico que hizo IRENA en 1981, concluyeron que no hay presencia de sales, el Ph oscila entre 6.0 a 7.5 y las texturas de los suelos son de franco - arenosa a arcillosas. Con esta información de base y los resultados de las pruebas de infiltración, densidad aparente y análisis de agua que se realizaron en el presente estudio, así como la distancia entre las áreas de labranza y las fuentes superficiales, la existencia de pozos excavados con capacidad para ser explotados y la topografía de las tierras se consideran para determinar las áreas con potencial de riego a corto plazo (cuadro No 8), la cual equivale a 23 Ha (32.9 Mz) y se distribuye de la siguiente manera (mapa No 1).

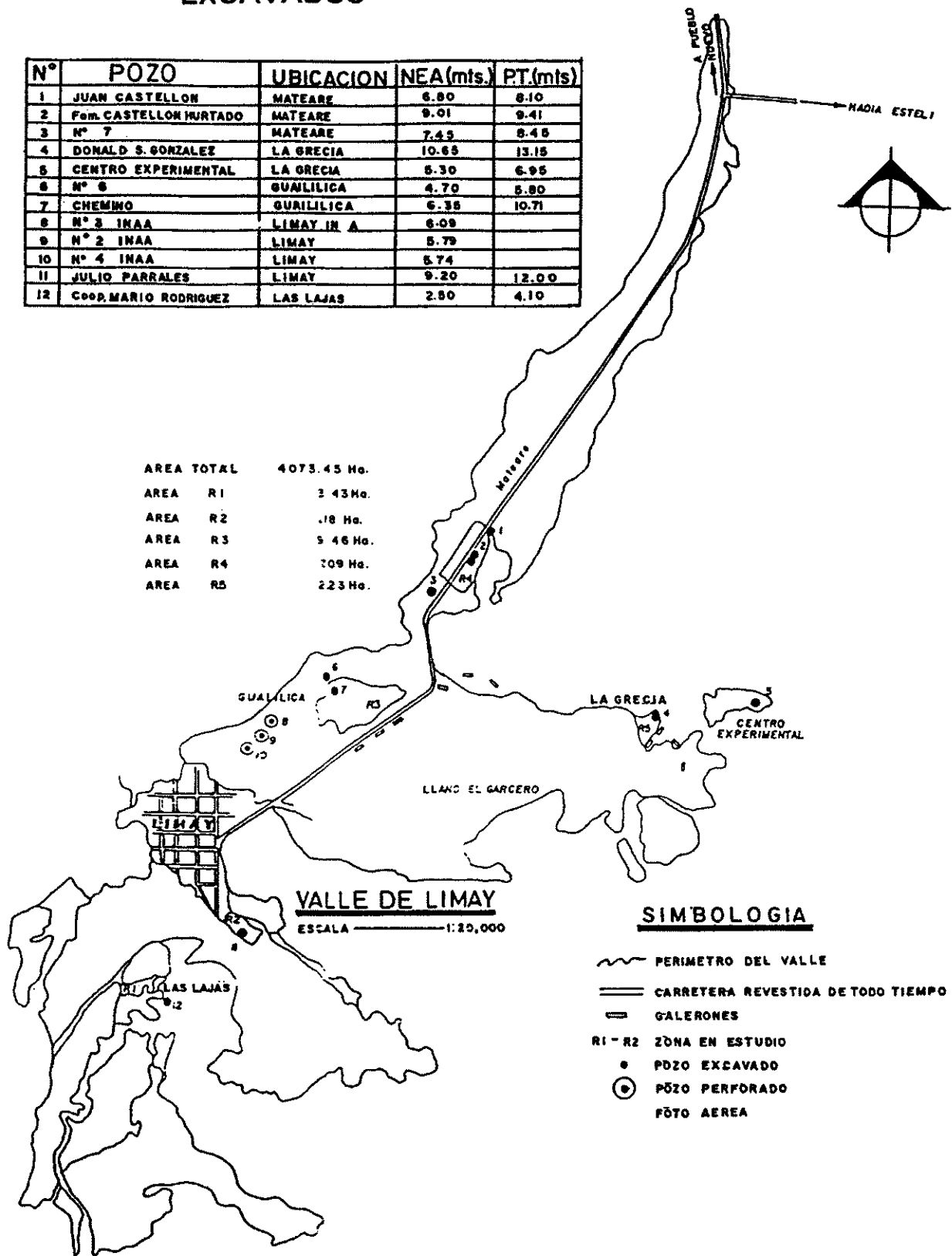
Cuadro No 8 LOCALIDADES DONDE PUEDE IMPLEMENTARSE UN PROGRAMA DE RIEGO A CORTO PLAZO

Localidades	Areas Ha	Topografía %	Distancia de la fuente superficial (m)	No de Pozos excavados
Guallfica	9.60	0-2	100	2
La Grecia	2.23	0-4	220	2
Las Lajas	1.18	0-2	20	1
Mateare	7.00	0-4	200	4

Mapa No 1 UBICACION DE AREAS DE ESTUDIO Y POZOS EXCAVADOS

N°	POZO	UBICACION	NEA(mts.)	PT.(mts)
1	JUAN CASTELLON	MATEARE	6.80	8.10
2	Fem. CASTELLON HURTADO	MATEARE	9.01	9.41
3	N° 7	MATEARE	7.45	8.45
4	DONALD S. GONZALEZ	LA GRECIA	10.65	13.15
5	CENTRO EXPERIMENTAL	LA GRECIA	5.30	6.95
6	N° 6	GUALILICA	4.70	5.80
7	CHEMMO	GUALILICA	6.35	10.71
8	N° 3 INAA	LIMAY IN A	6.09	
9	N° 2 INAA	LIMAY	5.79	
10	N° 4 INAA	LIMAY	5.74	
11	JULIO PARRALES	LIMAY	9.20	12.00
12	Coop. MARIO RODRIGUEZ	LAS LAJAS	2.80	4.10

AREA TOTAL	4073.45 Ha.
AREA R1	3.43 Ha.
AREA R2	.18 Ha.
AREA R3	5.46 Ha.
AREA R4	709 Ha.
AREA R5	223 Ha.



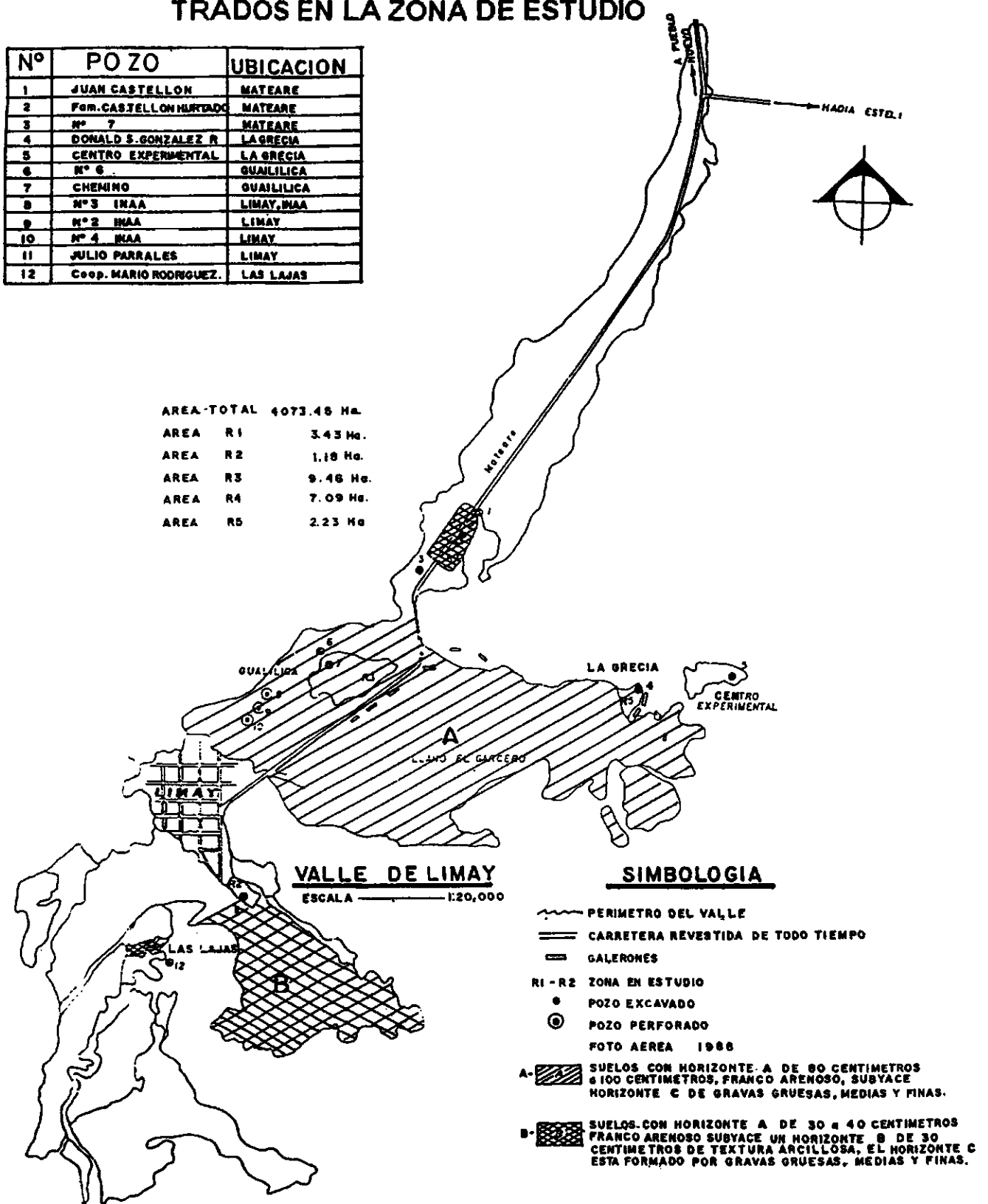
B. Descripción morfológica de los suelos

Los suelos (mapa No 2), encontrados en las 4 localidades propuestas como áreas con potencial para la irrigación (Gualilica, La Grecia, Las Lajas y Mateare), presentan textura franco arenosa en un espesor de 80 -100 cm, luego yace un horizonte C cuyo contenido es de gravas gruesas, medias y finas, dichos suelos pueden clasificarse como REGOSOL según el sistema de clasificación FAO o ENTISOLES del suborden FLUVENTS, según la taxonomía de suelos (USDA, 1975). Estos suelos son los más dominantes en todos los sitios de interés para riego. No obstante se encontraron suelos franco limosos en el horizonte A con un horizonte B franco arcilloso o arcilloso con 30 cm de espesor (Observado en parcela de "JULIO PARRALES"), bajo el cual yace un horizonte C pedregoso. Estos suelos se localizan en zonas con menos influencia del proceso aluvial que predomina en el valle.

Además de las observaciones de campo que sirvieron para describir aspectos morfológicos de los suelos, también se realizaron pruebas de laboratorio para determinar la densidad aparente en los suelos cuyos resultados se presentan en el cuadro No 9.

Mapa No 2 UBICACION DE LOS TIPOS DE SUELOS ENCON- TRADOS EN LA ZONA DE ESTUDIO

Nº	POZO	UBICACION
1	JUAN CASTELLON	MATEARE
2	Fm. CASTELLON HUERTADO	MATEARE
3	Nº 7	MATEARE
4	DONALD S. GONZALEZ R.	LA GRECIA
5	CENTRO EXPERIMENTAL	LA GRECIA
6	Nº 6	QUALILICA
7	CHEMINO	QUALILICA
8	Nº 3 INAA	LIMAY, INAA
9	Nº 2 INAA	LIMAY
10	Nº 4 INAA	LIMAY
11	JULIO PARRALES	LIMAY
12	Coop. MARIO RODRIGUEZ.	LAS LAJAS



Cuadro No 9 RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE DENSIDAD APARENTE

Sitios muestreados	Profundidad (cm)	Densidad aparente gr/cm ³
La Grecia (Donald Sebastián)	0 - 30	1.42
	30-50	1.38
Guallica (Chemino)	0 - 30	1.18
	30-50	1.16
Las Lajas (Julio Parrales)	0 - 30	1.06
	30-50	1.18
Las Lajas (Coop. Mario Gutiérrez)	0 - 30	1.41

Los valores de las pruebas de densidad aparente oscilaron entre 1.06 y 1.67 gr/cm³, de éstos los menores correspondieron a suelos con mayor contenido de arcillas, lo que fue notorio en los resultados de las muestras tomadas en la finca de Julio Parrales y la Cooperativa Mario Rodríguez. De acuerdo a la relación entre la densidad aparente y las texturas, estos suelos se pueden caracterizar como suelos de texturas finas a medias SARH (1982), lo que concuerda con la descripción morfológica. Las texturas medias favorecen la infiltración y según Doorenbos (1986) la infiltración en estas condiciones de suelos puede alcanzar entre 15 y 75 mm/hora con un promedio de 25 mm/hora, esta característica debe tenerse en cuenta al momento de diseñar los sistemas de riego, evitando considerar grandes láminas de riego.

C. Infiltración de los suelos

En los suelos descritos en el inciso anterior se hicieron 4 pruebas de infiltración obteniéndose los siguientes resultados (cuadro No 10,11)

Cuadro No 10 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE INFILTRACION

Localidad	Tiempo transcurrido en la prueba (minutos)	Infiltración Básica (mm/hora)
Guallica (Chemino)	180	59.9
Las Lajas (Julio Parrales)	180	14.38
Las Lajas (Coop. Mario Rodríguez)	85	18.24
La Grecia (Donal Sebastián)	180	58.00

Cuadro No 11 RESULTADOS DEL ANALISIS DE REGRESION

Localidad	Constante	Coefficiente x	n	GL	r ²
Guallica (Chemino)	0.099891	0.623479	16	14	0.8169
Las Lajas (Julio Parrales)	0.022397	0.465155	16	14	0.9662
Las Lajas (Coop. Mario Rodríguez)	0.030402	1.036715	13	11	0.8192
La Grecia (Donal Sebastián)	0.119928	0.993924	16	14	0.9455

En el cuadro No 10 se observa que los suelos de la finca Chemino y Donal Sebastián son muy parecidos en cuanto a la infiltración con valores de 59.9 y 58 mm/hora respectivamente, lo cual es muy alto. En estas unidades de suelos se pueden emplear los mismos métodos de riego y para el diseño del sistema debe considerarse láminas de riego pequeñas.

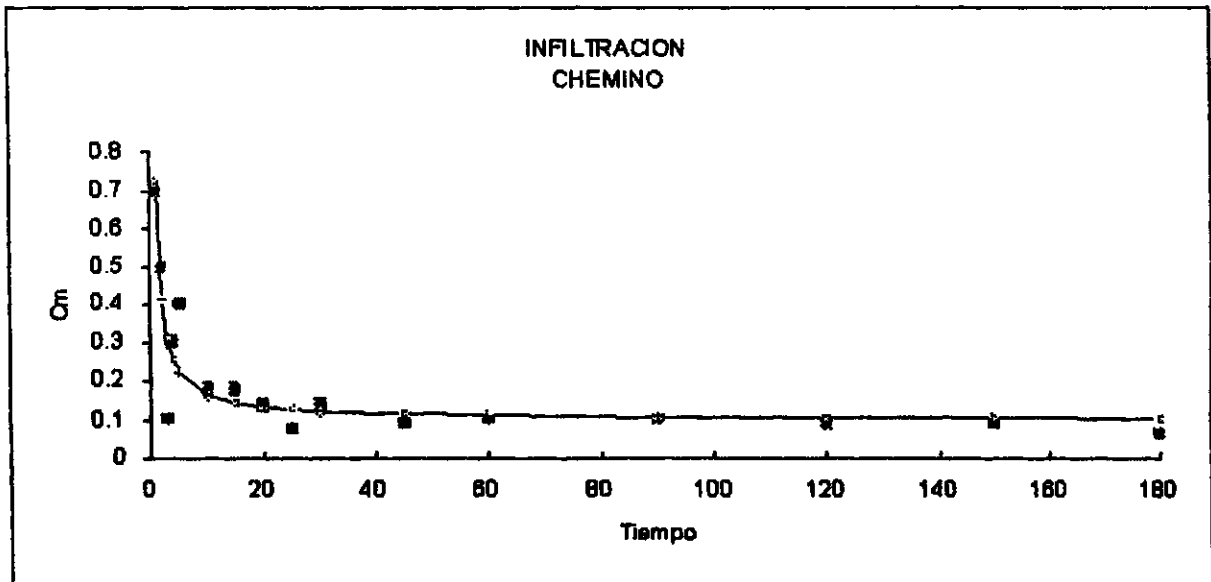
La finca de Julio Parrales y La Cooperativa Mario Rodríguez también tienen suelos similares en cuanto a la infiltración se refiere. Los valores de la infiltración fueron moderados con rango de 14.38 a 18.24 mm/hora respectivamente, para ambos casos la selección de los métodos y diseño de los sistemas pueden ser los mismos.

Dado los resultados de cuadro No 11, y los valores de los coeficientes de determinación encontrados en cada prueba se afirma que los resultados de las velocidades de infiltración son confiables y útiles como datos requeridos para el diseño de sistemas. Los cuadros No 12,13 y 14 presentan los datos de las pruebas realizadas y las curva de infiltración respectivas se presentan en los gráficos No 3, 4 y 5.

Cuadro No 12 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE INFILTRACION FINCA CHEMINO

Tiempo (minutos)	1/T	Infiltración cm	Refleno cm	Infiltración cm/minuto	Ecuación cm/minuto
0		17.5			
1	1	18.2		0.70	0.7228215
2	0.5	18.7		0.50	0.4117847
3	0.3333	18.8		0.10	0.308085
4	0.25	19.1		0.30	0.2562663
5	0.2	19.5		0.40	0.2251628
10	0.1	20.4		0.18	0.1629652
15	0.0667	21.9		0.18	0.1422402
20	0.05	22		0.14	0.1818616
25	0.04	22.4		0.08	0.1258308
30	0.0333	23.1		0.14	0.1214629
45	0.0222	24.5		0.09	0.1145579
60	0.0167	25.8	13.6	0.10	0.1111365
90	0.0111	16.5		0.10	0.1076529
120	0.0083	19.2		0.09	0.1059111
150	0.0067	22		0.09	0.1049158
180	0.0056	24		0.07	0.1042315

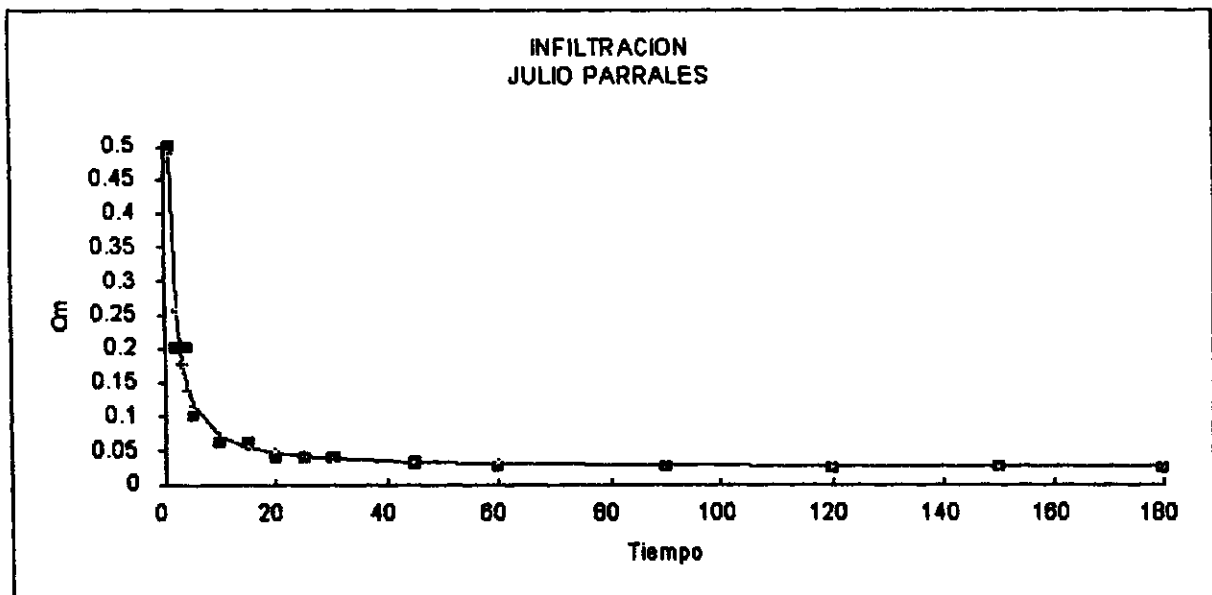
Gráfico No 3 INFILTRACION PARCELA CHEMINO



Cuadro No 13 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE INFILTRACION FINCA JULIO PARRALES

Tiempo (minutos)	1/T	Infiltración cm	Reheno cm	Infiltración cm/minuto	Ecuación cm/minuto
0		7.5			
1	1	8		0.50	0.48987
2	0.5	8.2		0.20	0.2863469
3	0.33333333	8.4		0.20	0.1786059
4	0.25	8.6		0.20	0.1586864
5	0.2	8.7		0.10	0.1162331
10	0.1	9		0.06	0.0696286
15	0.06666667	9.3		0.06	0.0539603
20	0.05	9.5		0.04	0.0461762
25	0.04	9.7		0.04	0.0415057
30	0.03333333	9.9		0.04	0.0383921
45	0.02222222	10.4		0.03	0.032027
60	0.01666667	11		0.03	0.030608
90	0.01111111	11.8		0.03	0.0280133
120	0.00833333	12.6		0.02	0.0267159
150	0.00666667	13.3		0.03	0.0259375
180	0.00555556	14		0.02	0.0254186

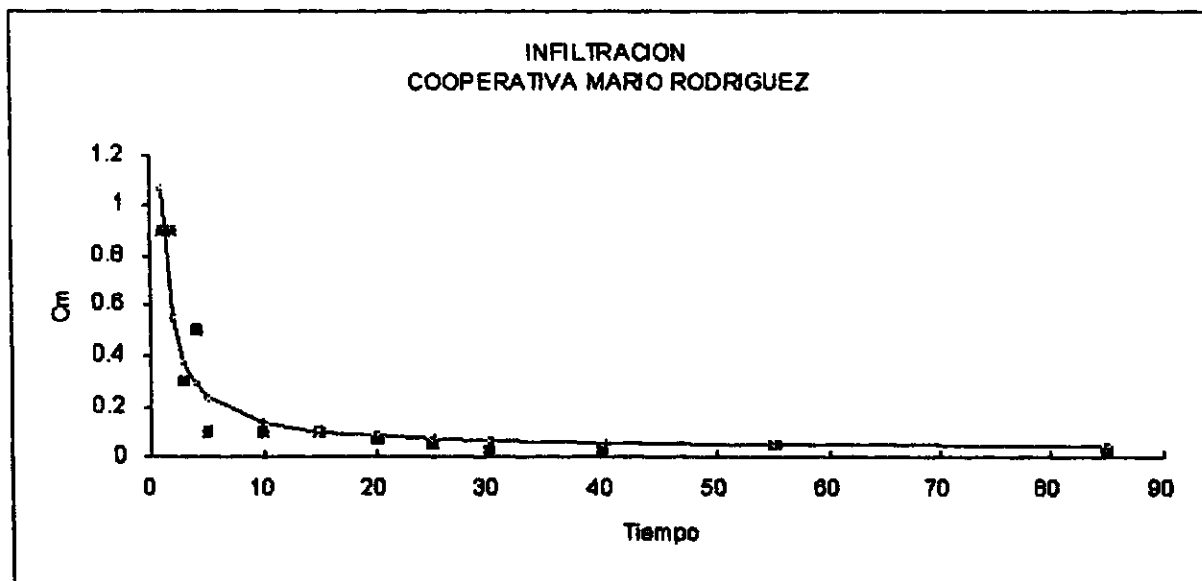
Gráfico No 4 INFILTRACION PARCELA DE JULIO PARRALES



**Cuadro No 14 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE INFILTRACION
FINCA COOPERATIVA MARIO RODRIGUEZ**

Tiempo (minutos)	1/T	Infiltración cm	Relleno cm	Infiltración cm/minuto	Ecuación cm/minuto
0		27.9			
1	1	27		0.90	1.0671298
2	0.5	26.1		0.90	0.6487631
3	0.3333	25.8		0.30	0.3769397
4	0.25	25.3		0.50	0.2895798
5	0.2	25.2		0.10	0.2377431
10	0.1	24.7		0.10	0.1340698
15	0.0667	24.2		0.10	0.0995466
20	0.05	23.9		0.06	0.0822331
25	0.04	23.7		0.04	0.0718658
30	0.0333	23.6		0.02	0.0649197
40	0.025	23.3		0.03	0.0563148
55	0.0182	22.7		0.04	0.049265
85	0.0118	21.8		0.03	0.0425299

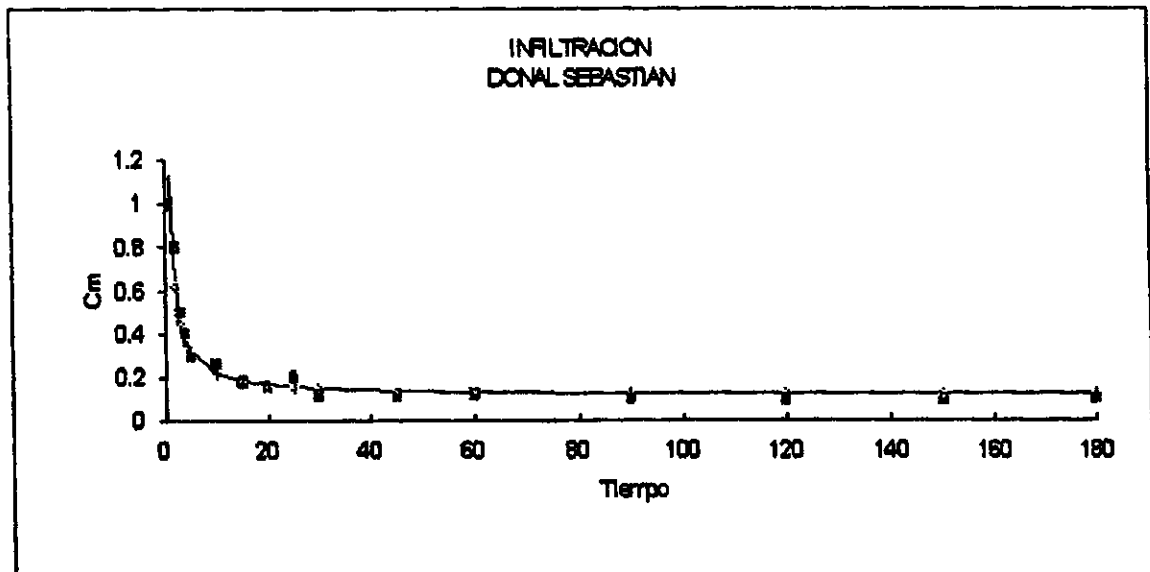
Gráfico No 5 INFILTRACION PARCELA DE COOPERATIVA MARIO RODRIGUEZ



Cuadro No 15 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE INFILTRACION FINCA DONAL SEBASTIAN

Tiempo (minutos)	1/T	Infiltración cm	Relleno cm	Infiltración cm/minuto	Ecuación cm/minuto
0		7			
1	1	8		1.00	1.1140749
2	0.5	8.8		0.80	0.616864
3	0.3333	9.3		0.50	0.4610805
4	0.25	9.7		0.40	0.3682435
5	0.2	10		0.30	0.3165214
10	0.1	11.3		0.26	0.2190772
15	0.0667	12.2		0.18	0.1869623
20	0.05	13		0.15	0.1693551
25	0.04	14		0.20	0.1594107
30	0.0333	14.6		0.12	0.1527479
45	0.0222	16.3		0.11	0.1417096
60	0.0167	18.2		0.13	0.1362402
90	0.0111	21.1	9.5	0.10	0.1306713
120	0.0083	22.5		0.09	0.1278869
150	0.0067	15.3		0.09	0.1262958
180	0.0056	18.2		0.10	0.1252019

Gráfico No 6 INFILTRACION PARCELA DE DONAL SEBASTIAN



1. Calidad de las aguas para riego

Según los resultados de los análisis de agua presentados en el cuadro No 16 y la comparación de los mismos con los parámetros expuestos por Mijaolov (1985), éstas poseen una reacción alcalina con Ph que oscilaron entre 7.28 y 7.78. El contenido de HCO_3 fue menor al $\text{Ca}^+ + \text{Mg}^+$ en todas las muestras analizadas, por lo que el agua se califica como dulce. De acuerdo a la conductividad eléctrica del agua cuyo valor varió de 0.185 mmhos/cm a 0.290 mmhos/cm, estas aguas pueden emplearse para la irrigación. La relación de absorción de sodio (SAR), presentó valores que oscilaron entre 0.87 y 1.35, dichos resultados se consideran bajos según las clasificación de Richards (1954). La relación de sodio respecto al calcio y magnesio presentó valores de entre 0.55 y 0.97 de donde se concluye que las aguas no son duras.

En conclusión las agua analizadas de las 5 muestras tomadas de pozos excavados según los resultados de laboratorio son adecuadas para regar la mayoría de los cultivos bajo las condiciones de suelos descritos en los acápite anteriores.

Cuadro No 16 RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUA

Localidades	HCO ₃ ⁻ cl	Ph (H ₂ O)	Milieqsl/litro			Dureza	mmhos/cm Conductividad
			Ca	Mg	Na		
Geallica (Chemino)	3.52	0.39	7.78	1.91	0.73	0.95	0.165
La Gracia (Donad Sebastián)	3.90	0.49	7.34	2.63	0.99	1.00	0.270
Las Lajas (Coop. Mario Rodríguez)	4.18	0.19	7.66	2.89	0.87	1.52	0.200
Las Gracia (centro experimental)	3.42	0.19	7.40	2.63	0.89	0.80	0.250
Meteare (fam. Castellón)	3.23	0.39	7.28	1.46	0.64	1.02	0.210

D. Aguas superficiales

En el período en que se realizó el presente estudio, el río los Quesos estaba completamente seco, pero de acuerdo a los pobladores es normal que dicho cauce no fluya en verano. Tanto Agriswiss (1985), como Dimberger (1991), describen en sus respectivos estudios que el río El Naranja y Los Encuentros cuya confluencia forma el río los Quesos al pasar por la zona del valle sus aguas se profundizan y reaparecen en La Sirena.

En la zona del valle con mayor potencial para la agricultura bajo riego las condiciones del subsuelo son muy desfavorables, el material geológico consta de un relleno formado principalmente por gravas de diversos diámetros y cantos rodados, todos del período cuaternario, la permeabilidad de dicho material da paso a la infiltración profunda del Río Los Quesos limitando de esta forma el potencial para riego de las aguas

superficiales. Las observaciones aquí descritas concuerdan con Lainez (1987), Agriswiss (1985) y Dimberger (1991), quienes hicieron estudios amplios en la zona del valle de San Juan de Limay.

Las condiciones de relieve dan paso a microcuencas con grandes áreas de captación lo que dificulta el aprovechamiento de las aguas superficiales en pequeña escala a través de embalses o micropresas por los altos costos que conllevan las obras hidráulicas bajo las condiciones mencionadas y que son necesarias para implementar un programa de riego en el valle. La relación desfavorable entre las grandes áreas de captación y los volúmenes a ser almacenados exigen grandes aliviaderos, además la permeabilidad del subsuelo obliga el uso de polietileno o arcilla en el fondo de los embalses o micropresas, lo que las pone fuera del alcance del pequeño productor caracterizado del valle de San Juan de Limay.

E. Aguas subterráneas

1. El acuífero de San Juan de Limay

El acuífero del valle de San Juan de Limay por las observaciones hechas en los pozos excavados se concluye que éste se formó por un

relleno que consiste en gravas finas y gruesas, cantos rodados o bolones. La superficie de este acuífero según Lainez (1988), es de 50 Km² con un espesor promedio de 20.63 m.

Según el estudio realizado por Dimberger (1991), el rendimiento seguro del acuífero es de 21 MMC, no obstante el aprovechamiento de este recurso es muy limitado. En la zona de estudio el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA) sólo posee 3 pozos perforados (cuadro No 17), cuyo aprovechamiento es exclusivamente para el consumo humano. Algunos productores tienen pozos excavados que son utilizados para abrevar, uso doméstico y ocasionalmente para pequeños riegos. En la zona del estudio se encontraron 9 pozos excavados distribuidos según el cuadro No 17.

Cuadro No 17 PROFUNDIDAD Y NIVELES ESTATICOS DE POZOS EN LA ZONA E ESTUDIO VALLE DE SAN JUAN DE LIMAY

No	Localización	Pozos		Profundidad m	NEA m
		Perforados	Excavados		
1	Mateare		Juan Castellón	8.10	6.80
2	Mateare		Castellón Hurtado	9.41	8.01
3	Mateare		Pozo #7	8.45	7.45
4	La Grecia		Donald Sebastián	13.15	10.65
5	La Grecia		Centro experimental	6.95	5.30
6	Gualilica		Pozo #6	5.80	4.70
7	Gualilica		Chemino	10.71	6.35
8	Limay	INAA #3			6.09
9	Limay	INAA #2			5.79
10	Limay	INAA #4			5.74
11	Las Lajas		Julio Parrales	12.00	9.20
12	Las Lajas		Coop. Mario Rodríguez	4.10	2.50

2. Las pruebas de bombeo en las zonas con potencial para riego

En 3 pozos localizados en Gualilica, Centro experimental y Las Lajas consideradas éstas como zonas con potencial para riego (cuadro No 18), se hicieron pruebas de bombeo obteniéndose los siguientes resultados:

Cuadro No 18 INDICADORES DE POZOS ESTUDIADOS

Localidad	Nombre del Pozo	Profundidad m	NEA m	S _{pozo} m	Tiempo de recuperación (min)	Q l/seg	K m ³ /seg
Gualilica	Chemino	10.71	6.35	3.93	302	3.0	1.98×10^{-4}
La Grecia	C. Experimental	6.90	5.40	0.98	70	1.7	2.38×10^{-6}
Las Lajas	Coop. M. Rodríguez	3.98	2.70	0.65	120	1.0	1.66×10^{-6}

Los resultados encontrados (cuadro No 18) para el coeficiente filtración (K) que caracteriza la permeabilidad de las rocas, según la clasificación de Mijailov (1985), corresponden a:

- arena de grano grueso en el pozo de Gualilica
- arena de grano fino en el centro experimental
- arcilla arenosa en Las Lajas

Aunque los valores de abatimiento (S_{pozo}) fueron pequeños y oscilaron entre 0.65 m en las Lajas y 3.93 m en Gualilica , los valores de K se consideran representativos del acuífero ya que estos coinciden con los valores K del material de relleno observado en excavaciones de acuerdo a la tabla de clasificación de Mijailov (1985), la cual fue desarrollada para relacionar coeficientes de filtración y diferentes materiales geológicos.

Los caudales (Q) encontrados fueron pequeños a moderados y variaron entre 1.0 L/seg en Las Lajas a 3.0 L/seg en Gualilica. Estos bajos resultados pueden deberse entre otros factores al poco abatimiento logrado en las pruebas de bombeo, que además tuvo que ver con la

profundidad de los pozos. La excavación de unos 3 a 5 m podría aumentar significativamente los caudales.

Respecto al nivel estático del agua (NEA) los valores de 2.70 a 6.35 m, son favorables para el bombeo, ya que con dichas profundidades todavía no se requiere de gastos excesivos de combustible para trasegar el agua desde el fondo de los pozos a la superficie y se descarta la necesidad de equipos especiales de bombeo que son muy costos.

F. Explotación de Infraestructuras hidráulicas existentes para fines de regadíos.

1. Los Pozos

Las únicas infraestructuras hidráulicas disponibles inmediatamente para iniciar las prácticas de regadío son los pozos excavados de algunos productores. No obstante es necesario mejorar los pozos para intensificar su explotación. Actualmente con ellos se podría regar de $\frac{1}{4}$ Mz a $\frac{1}{2}$ Mz en la época de verano, estas cifras pueden aumentarse hasta unas 4 veces en superficie regable, cuando el riego se practica como suplemento hídrico en la canícula del ciclo de primera (Chemino, comunicación personal).

2. Micropresas y derivaciones

Otros tipos de infraestructuras hidráulicas como micropresas y derivaciones no son viables tal como los expusieron Agriswiss (1985) y Dimberger (1991), debido a que los altos costos de estas obras son inevitables dado que las condiciones hidrológicas, geotectónicas y topográficas que son muy desfavorables.

Cuando se analizan las posibles infraestructuras hidráulicas también debe considerarse la capacidad de los productores para emprender inversiones de acuerdo a su propio desarrollo económico. Partiendo de esta consideración, resulta evidente que las grandes inversiones no están acordes a las capacidades económicas de los productores del Valle de San Juan de Limay, por lo que otras alternativas menos costosas deben proponerse.

G. *Requerimientos hídricos de algunos cultivos*

Los estimados de los requerimientos hídricos se hicieron en algunos cultivos considerados rentables en el mercado a que tienen acceso los productores del valle de San Juan de Limay, también se incluyó el sorgo que por la tradición de su siembra en el valle se catalogó como testigo.

1. Balance hídricos

A continuación se presentan los balances hídricos de los cultivos propuestos que fueron agrupados por ciclos de siembra (cuadros No 19, 20, 21 y 22).

Cuadro No 19 SIEMBRA DE PRIMERA FECHA DE SIEMBRA : 15 DE MAYO

MESES	DEC	PP. Eff. mm/dec	Tot. IRReq. mm/dec		
			Sorgo	Tabaco	Tomate
May	2	35.7	0	0	0
May	3	65.9	0	0	0
Jun	1	61.9	0	0	0
Jun	2	57.1	0	0	0
Jun	3	45.7	0	3.3	0
Jul	1	29.6	15.3	28.2	16
Jul	2	15.9	35.3	44.9	34.8
Jul	3	25.5	28.1	35.8	29.4
Ago	1	35.1	19	25	21.5
Ago	2	44.7	7.4	10	12.4
Ago	3	66.3	0	0	0
Sep	1	73.8	0	0	0
Sep	2	88.4	0		0
Sep	3	73.9			
Oct	1	59.5			
Total		769.00	105.10	147.20	114.10

El sorgo resultó ser el cultivo de menor requerimiento hídrico, seguido del tomates y tabaco en ciclo de siembra de primera. Es notorio que los requerimientos hídricos se dieron en el período canicular (cuadro No 19),

lo que sugiere la necesidad de riegos suplementarios en dicho período para asegurar la cosecha.

Cuadro No 20 SIEMBRA DE POSTRERA FECHA DE SIEMBRA : 15 DE AGOSTO

MESES	DEC	PP. Eff. mm/dec	Tot. IRReq. mm/dec		
			Sorbo	Tabaco	Tomate
Ago	2	22.4	0	0	0
Ago	3	56.3	0	0	0
Sep	1	73.8	0	0	0
Sep	2	88.4	0	0	0
Sep	3	73.9	0	0	0
Oct	1	59.5	0	0	0
Oct	2	45	0	8	0
Oct	3	32.6	12.5	19	13.6
Nov	1	18.2	25.7	30.6	27.8
Nov	2	4.9	36	38.5	39.9
Nov	3	3.2	31.5	34.2	40.9
Dic	1	1.6	25.4	30	41.9
Dic	2	0	19.5		39.7
Dic	3	0			33.5
Ene	1	0			27.3
Total		479.80	150.60	160.30	264.60

Para el ciclo de siembra de postrera los requerimientos hídricos de los cultivos fueron mayores y el período donde los cultivos demandaron más humedad se estableció en la última década de Octubre y la primera década de Enero (cuadro No 20).

**Cuadro No 21 SIEMBRA DE RIEGO (VERANO) FECHA DE SIEMBRA :
15 DE NOVIEMBRE**

MESES	DEC	PP. EFF.	Tot. IRReq. mm/dec			
		mm/dec	Sorgo	Tabaco	Tomate	Sandía
Nov	2	2.4	5.7	7.7	11.8	9.8
Nov	3	3.2	12.8	16.8	24.8	20.8
Dic	1	1.6	15.8	20.5	26.1	22.1
Dic	2	0	22	28.6	28.3	24.4
Dic	3	0	28.6	38.1	31.6	27.6
Ene	1	0	35.4	45.5	35.9	31.9
Ene	2	0	40.7	48.4	40.3	35.3
Ene	3	0	44.7	51.1	45.8	38.3
Feb	1	0	47.1	52.3	49.4	40.4
Feb	2	0	47.3	50.3	51.9	41.3
Feb	3	0	42.9	46.2	54.4	39.6
Mar	1	0	35.4	41.5	57	36.3
Mar	2	0	27.1		55.1	32.5
Mar	3	1.5			46.4	
Abr	1	0			40.4	
TOTAL		8.70	405.50	447.00	599.20	400.30

En el ciclo de verano los requerimientos de riego fueron altos en los cultivos estudiados (cuadro No 21), en este período de siembra además de los cultivos de sorgo, tabaco y tomates que fueron sometidos a la simulación en los ciclos de primera y postrera, también se incorporó el cultivo de sandía. Este último cultivo resultó el de menor consumo seguido del sorgo. El tabaco y tomate continuaron siendo los cultivos con mayores requerimientos hídricos.

Cuadro No 22 SIEMBRA ANUAL FECHA DE SIEMBRA : 15 DE MARZO

	DEC	PP. Rain mm/dec	Tot. IRReq. l/va
Mar	1	0	13
Mar	2	0	13.5
Mar	3	1.6	12.6
Abr	1	0	14.8
Abr	2	0	15.4
Abr	3	19.1	0
May	1	47.6	0
May	2	71.3	0
May	3	65.9	0
Jun	1	61.9	0
Jun	2	57.1	0
Jun	3	45.7	0
Jul	1	29.6	0
Jul	2	15.9	15.8
Jul	3	25.5	10.7
Ago	1	35.1	3.5
Ago	2	44.7	0
Ago	3	56.3	0
Sep	1	73.8	0
Sep	2	88.4	0
Sep	3	73.9	0
Oct	1	59.5	0
Oct	2	45	0
Oct	3	32.6	0
Nov	1	18.2	3.4
Nov	2	4.9	13.4
Nov	3	3.2	12.1
Total		976.70	128.20

Además de los cultivos anuales que fueron estudiados anteriormente, también se hizo una simulación de balance hídrico con el cultivo de la uva

(cuadro No 22), el cual resultó con un bajo requerimiento hídrico en todo su ciclo si se le compara con los anteriormente analizados. No obstante el cultivo de la uva no tiene un gran mercado local, por la baja calidad de las uvas producidas, especialmente las cosechadas en el valle de Limay, sin embargo probablemente mejorando el control fitosanitario del cultivo éste podrá ser competitivo con las uvas importadas.

2. Cultivos recomendados según sus requerimientos hídricos

De acuerdo a los resultados de la simulación de los balances hídricos de los cultivos de sorgo, tabaco, tomate, sandía y uva se recomienda lo siguiente:

- Continuar con el cultivo de sorgo, que es parte de la dieta de los productores, pero mejorar la producción de éste incorporando prácticas de riego suplementario.
- Promover el cultivo de tabaco en el período de temporal y aplicar suplementos de riego en los períodos de déficit hídrico.
- Promover el cultivo de la sandía en verano, considerando la aplicación de riegos durante todo el ciclo del cultivo.

H. *Potencial de riego en el Valle de San Juan de Limay considerando la explotación de los pozos excavados.*

Para determinar el potencial de riego en el Valle de San Juan de Limay además de considerar factores edáficos (morfológicos) y de requerimientos hídricos de algunos cultivos, se analizó la capacidad o rendimiento de los pozos excavados, para ello se consideraron tres pozos representativos que se describen en el cuadro No.23.

Como resultado de las pruebas de bombeo pudo concluirse que el menor rendimiento encontrado fue de 5.4 m^3 (Las Lajas) en un período de 90 minutos; si aplicamos 4 veces este volumen en el mismo día puede lograrse un volumen total diario de $21.6 \text{ m}^3/\text{día}$, el cual puede disponerse para el riego de los cultivos. El máximo valor de rendimiento fue de 33.84 m^3 (Gualilica) en 3 horas, lo que equivale a $67.68 \text{ m}^3/\text{día}$, cuando se aplica riego 2 veces por día (Cuadro No 23).

CUADRO No 23 RENDIMIENTO DE LOS POZOS EXCAVADOS SEGUN LA PRUEBA DE BOMBEO.

	Tiempo de bombeo (Min).	Tiempo de recuperación (Min)	Q Lts/seg.	Volumen (m ³)	Descripción de riegos	Volumen explotable/día (m ³).
Guallica	188	302	3	33.84	2 riegos de 3 horas c/u a intervalo de 5 horas	67.68
La Grecia	49	70	1.7	4.99	6 riegos de 49 min a un intervalo de 70 min.	29.98
Las Lajas	90	120	1	5.4	4 riegos de 90 min a un intervalo de 120 min	21.6

Para relacionar el volumen de agua disponible y el gasto requerido por algunos cultivos, se comparó el volumen que diariamente se puede explotar con un pozo y los requerimientos máximos de los cultivos Sorgo, Tabaco y Sandía en el ciclo de verano, Sorgo y Tabaco en la canícula del ciclo de primera y en el complemento del final del ciclo de postrera.

La relación volumen aprovechable diario de los pozos versus máximo requerimiento expresadas en láminas de riego bruto permitió establecer las superficies a regar (cuadro No. 24,25 y 26). En el ciclo de verano el área mínima a regar por pozo fue de 0.20 ha y la máxima fue de 0.78 ha. En el ciclo de primera el volumen aprovechable de los pozos aumenta considerablemente (Chemino comunicación personal), no obstante, los

rendimientos de los pozos en verano se tomaron como indicativos para estimar el área que podría regarse por pozo en el ciclo de primera y postrera (cuadro No. 25 y 26). De este análisis se concluye que como mínimo podrían regarse de 0.29 ha a 0.91 ha en el ciclo de primera por cada pozo. También en el ciclo de postrera podría regarse un mínimo de 0.27 ha a 1.03 ha por cada pozo. Dichos valores son conservadores si consideramos la recarga del acuífero en el mes de Mayo y Junio que indiscutiblemente aumentará el rendimiento de los pozos.

CUADRO No 24 AREAS QUE PUEDEN REGARSE POR POZO Y CULTIVO EN EL CICLO DE VERANO.

	Explotación de pozos M ³ /día	Sorgo (ha)	Tabaco (ha)	Sandía (ha)
Guallica	67.68	0.68	0.61	0.78
La Grecia	29.99	0.30	0.27	0.35
Las Lajas	21.60	0.22	0.20	0.25

CUADRO No 25 AREAS QUE PUEDEN REGARSE POR POZO Y CULTIVOS EN EL CICLO DE PRIMERA (CANICULA)

	Explotación de pozos (M ³ /día)	Sorgo (ha)	Tabaco (ha)
Guallica	67.68	0.91	0.71
La Grecia	29.99	0.40	0.32
Las Lajas	21.60	0.29	0.23

CUADRO No 26 AREAS QUE PUEDEN REGARSE POR POZO Y CULTIVOS PARA COMPLETAR EL CICLO DE POSTRERA.

	Explotación de Pozos de M ³ /día.	Sorgo (ha)	Tabaco. (ha)
Guallica	67.68	1.03	0.84
La Grecia	29.99	0.48	0.37
Las Lajas	21.80	0.33	0.27

Considerando el área que con la explotación de un pozo podría regarse (0.68, 0.61 y 0.78 ha/pozo) y la existencia de 9 pozos excavados en la zona de estudio, se concluye que pueden regarse como máximo en Verano 6.12 ha de sorgo o 5.49 ha de Tabaco, también podría regarse 7 ha de sandía.

Como riegos complementarios en los ciclos de primera y postrera pudieran regarse 8.19 ha y 9.27 ha en cada ciclos (0.91 y 1.03 ha/pozo) . Estos valores se consideran conservadores por la recarga que se da en el acuífero en el período lluvioso.

Tomando en cuenta los tres ciclos de siembra los productores podrían regar un total de 24.46 ha como máximo, siempre que se elijan cultivos con bajas demandas hídricas. La profundización de los pozos excavados y la apertura de otros podría aumentar significativamente el área de riego.

I. Propuesta de Inversiones para un programa de riego

Este estudio se propone el mejoramiento de los pozos excavados como infraestructura básica para el desarrollo del riego en el valle, dicho mejoramiento debe acompañarse con equipos de bombeo económicos y que se adapten a los métodos de riego menos costosos, por ejemplo riego por gravedad.

a) Mejoramiento de los pozos excavados

Para el mejoramiento de los pozos excavados como fuentes hídricas para pequeños proyectos de riego con los productores del Valle de San Juan de Limay se recomienda lo siguiente (cuadro No 27):

- Profundización de 3 a 5 m
- Calzado de las paredes
- Construcción de un delantal

Cuadro No 27 MATERIALES REQUERIDOS Y PRESUPUESTO NECESARIO PARA EL MEJORAMIENTO DE POZOS EXCAVADOS

Descripción	Unidad de Medida	Costo Unitarios	Cantidad	Total
Ladrillo	millar	320.00	4.50	1440.00
Cemento	bolsas	40.00	30.00	1200.00
Arena	m ³	130.00	12.0	1560.00
Total				4200.00

b) Equipos de bombeo

Para determinar la capacidad necesaria de los equipos de bombeo se relacionó el consumo máximo posible de los cultivos Sorgo, Tabaco y Sandía en el ciclo de riego de verano y los cultivos de Sorgo y Tabaco en el período canicular del ciclo de primera. Los resultados se presentan en los cuadros 28 y 29 ; y de ello se deduce que el caudal requerido para las bombas es de 1 a 3 lts/seg.

Cuadro No 28 SUMINISTRO MAXIMO DE AGUA EN VERANO

CULTIVO	Inmax (mm)	Vmaxm ³ /día	LBR (*)	Q lts/seg.
Sorgo	4.7	34.81	9.95	1.21
Tabaco	5.2	38.52	11.01	1.34
Sandía	4.1	30.37	8.68	1.05

(*) Lámina bruta de riego

$V_{max} = C(10/E_c \times E_b \times E_a) \times I_n \times A$ (ha)

$Q \text{ lts/seg} = LBR \times A(m^2) / PR(\text{min}) \times 60$

$C=1, E_c=0.9, E_b=0.75, E_a=0.7, A=0.35 \text{ ha}, PR=480 \text{ minutos}$

Cuadro No 29 SUMINISTRO MAXIMO DE AGUA EN LA CANICULA

CULTIVO	Inmax	Vmaxm ³ /día	LBR (*)	Q lts/seg.
Sorgo	3.5	74.07	7.41	2.57
Tabaco	4.5	95.24	9.52	3.31

(*) Lámina bruta de riego

$$V_{\text{max}} = C(10/E_c \times E_b \times E_a) \times I_n \times m \times A$$

$$Q \text{ lts/seg} = \text{LBR} \times A(\text{m}^2) / \text{PR}(\text{min}) \times 60$$

$$C=1, E_c=0.9, E_b=0.75, E_a=0.7, A=1.0 \text{ ha}, \text{PR}=480 \text{ minutos}$$

La introducción de equipos de bombeo debe basarse en tipos y modelos baratos. De acuerdo a los resultados aquí presentados, éstos deben tener capacidad para regar de 0.20 ha a 1 ha.

Para la implementación de pequeños proyectos de riego con los productores del Valle de San Juan de Limay se proponen los siguientes equipos de bombeo.

Cuadro No 30 BOMBAS PROPUESTAS PARA EL PROGRAMA DE RIEGO DE PEQUEÑOS PRODUCTORES

Tipos de bombas	Descripción	Capacidad de succión (m)	Q L/seg	Precio
Bomba de mecate convencional	Bomba manual dotada de manivela	20	1-2	1,500
Bicibomba	Bomba manual dotada de pedales	20	2-3	2,500
Bomba de 3 Hp	Bomba de combustión interna. Combustible gasolina.	8	3	4,600

J. Viabilidad financiera de la irrigación

Se propone un proyecto de riego para los pequeños productores del valle de San Juan de Limay con duración de 4 años, en el cual se financiarán los costos de producción de los cultivos de sorgo, tabaco y sandía. Para la implementación del riego será necesario financiar a largo plazo una bomba para riego por gravedad. Dichas inversiones al sistema de producción y la estrategia productiva basada en la implementación de riego dio los resultados siguientes (Cuadro No 31):

Cuadro No 31 AREA BAJO RIEGO A SEMBRARSE POR PRODUCTOR

Cultivos (Mz)	Años			
	1	2	3	4
Sorgo	1		1	1
Tabaco	0.4		1	1
Sandía	0.5		0.5	0.5
Total anual	1.9		2.5	2.5

Las áreas a producir están acordes con el potencial de los recursos hídricos disponibles, que para este proyecto serán el acuífero explotado a través de pozos excavados. La capacidad de la bomba que se financiará está en función de la profundidad de los pozos, el caudal de los mismos, el consumo de los cultivos y el área a cultivarse.

Cuadro No 32 FLUJO DE CAJA EN CORDOBAS DE UN PRODUCTOR

Descripción	Años			
	1	2	3	4
Producción de sorgo	2.750,00	2.750,00	2.750,00	2.750,00
Producción de Tabaco	10.019,00	20.037,6	25.027,00	25.027,00
Producción de Sandía	3.000,00	3.000,00	3.000,00	3.000,00
Costos de producción de sorgo	-2.101,00	-2.101,00	-2.101,00	-2.101,00
Costos de producción de tabaco	-9.377,2	-18.754,00	-23.449,00	-23.449,00
Costos de producción de sandía	-2.199,00	-2.199,00	-2.199,00	-2.199,00
Costos de bomba para riego	-4.500,00	0,00	0,00	0,00
Balance	-2.408,40	2.739,20	3.054,00	3.054,00

En el cuadro No 32, se muestran los ingresos por la producción de los cultivos sorgo, tabaco y sandía. también se exponen los costos de producción de dichos rubros que serán financiados por el proyecto de riego.

El análisis financiero que se aplicó para determinar la viabilidad financiera dio como resultados una tasa interna de retorno (TIR) de 70.56 %, mayor que la tasa de referencia intertemporal que aplican los bancos que puede ser hasta de un 40%. La relación beneficio/costo (B/C) resultó ser de 1.02. Los resultados de los indicadores financieros mencionados permiten concluir que el proyecto es viable desde el punto de vista económico.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Para disponer de los recursos hídricos superficiales se requiere de inversiones muy costosas, que no está al alcance del pequeño productor.
- Los pozos excavados son infraestructuras baratas al alcance de los productores, que permiten una mínima explotación del acuífero del valle y pueden emplearse como fuentes hídricas para riegos complementarios en el período canicular del ciclo de primera y al final del ciclo de postrera.
- El área potencial a regar en verano teniendo como fuentes los pozos excavados debe ser pequeña y puede oscilar ente $\frac{1}{4}$ de Mz a $\frac{1}{2}$ Mz.
- La calidad de aguas subterráneas (acuífero) es adecuada para la irrigación de los cultivos, sin riesgos de salinización de los suelos o de efectos tóxicos en cultivos sensibles al sodio o cloro.

- Las lámina de agua aplicadas en los riegos deben ser pequeñas en los suelos de Gualílica y la Grecia, debido a la alta infiltración de estos suelos.
- Los cultivos recomendados atendiendo en orden ascendente sus requerimientos hídricos son: El sorgo, la sandía y Tabaco. No se recomienda el cultivo del tomates por requerir de mucha humedad.
- Es necesario un programa de riego complementario en ciclo de primera en el período canicular y en la postrera a la salida de la cosecha, pues los resultados del balance hídrico de los cultivos propuestos indican que todos sufren de algún déficit hídrico en los dos ciclos de siembra mencionados
- En los suelos de Gualílica y la Grecia con infiltraciones altas debe preferirse el riego por aspersion, microaspersion o goteo.
- En los suelos de las Lajas y Mateare puede aplicarse riego por gravedad, dado que no son tan permeables de los suelos.

- En la zona de estudio en el valle de San Juan de Limay puede regarse 7 ha en el ciclo de verano, 8.19 ha en primera (canícula) y 9.27 ha en postrera. Sin embargo las áreas señaladas para los ciclos de primera y postrera son sólo indicativas, ya que en período lluvioso los pozos pueden aumentar su rendimiento de forma considerable.
- El mejoramiento de los pozos aumentando su profundidad y la construcción de nuevos pozos podría incrementar significativamente el área de riego en el valle.
- Al establecer una relación de la capacidad económica del pequeño productor de Limay y los costos de los diferentes sistemas de riego, el sistema de riego por gravedad resulta ventajoso, aunque en las condiciones de algunos suelos es limitado por las pérdidas que podrían presentarse en canales no revestidos y la necesidad de una lámina de riego limitada debido a la alta permeabilidad.
- Este estudio concluye que los cultivos del sorgo, tabaco y sandía producidos a escalas pequeñas, bajo riego por gravedad explotando el acuífero a través de pozos excavados, producen rentabilidad y pueden ser atractivos para los productores y proyectos interesados en la zona del valle de San Juan de Limay.

BIBLIOGRAFIA

1. Agriswiss (1982) Estudio global del potencial hídrico, agronómico y socioeconómico del valle de Limay con miras a la identificación de sitios de micropresas. Estelí, Nicaragua.
2. Aidarov I.P, et all (1982) El Riego, Moscú.
- 3 Dimberger G. (1991) Estudio de los recursos hídricos en la cuenca de San Juan de Limay. Estelí, Nicaragua.
- 4 Doorenbos J., el all (1986) Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. FAO No. 33, Roma.
- 4 Doorenbos J., et all (1986) Las necesidades de agua de los cultivos. FAO No. 24 Roma.
5. Mijaolov L. (1985) Hidrogeología. Moscú.
6. Lainez G. (1987) Oferta técnico económica para el estudio integrado de los recursos hídricos de la cuenca de San Juan de Limay. Estelí, Nicaragua.
7. SARH. (1982) Manual de conservación del suelo y del agua. Colegio de postgraduados, Chapingo, México.